

SITE SEARCH

Illumination method and apparatus for formation of micro patterns

Application Number	96123105	Application Date	1996.12.09
Publication Number	1160228	Publication Date	1997.08.24
Priority Information	1995/12/8 KR 48047/95		
International Classification	G03F7/20;H01L21/027		
Applicant(s) Name	Hyundai Electronics Industries Co., Ltd.		
Address			
Inventor(s) Name	Jeon Sung-Ho;Lee Sung-Mook;Cho Bae-Du		
Patent Agency Code	31100	Patent Agent	ZHANG ZHENGQUAN

Abstract

The illumination method and apparatus used to form micro patterns, which can determine an ellipticity exhibiting optimum contrast gap and contrast by deriving a polarization distribution function by use of equations induced in accordance with the vector image theory and deriving S and P-polarized components (Scorn and Pcorn) (these components are perpendicular to and parallel to a meridional plane, respectively) of polarized light having x and y-directional components entering an illumination mask, thereby, preventing a contrast difference resulting from a contrast gap generated in the conventional linear polarization method, namely, an inconsistency between the longitudinal direction of the pattern and the polarization direction. Accordingly, it is possible to easily use appropriately elliptically polarized light, thereby being capable of achieving a reduction in contrast gap while achieving an improvement in contrast. The illumination method and apparatus can easily form micro patterns in the fabrication of semiconductor devices, thereby achieving a high integration of semiconductor devices. It is also possible to increase the process margin, thereby improving yield and reliability.

[Machine Translation](#) [Close](#)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 96123105.X

[43]公开日 1997年9月24日

[11] 公开号 CN 1160228A

[22]申请日 96.12.9

[30]优先权

[32]95.12.8 [33]KR[31]48047/95

[71]申请人 现代电子产业株式会社

地址 韩国京畿道

[72]发明人 全成镐 李圣默 赵倍斗

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

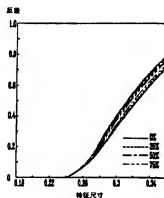
代理人 张政权

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图页数 6 页

[54]发明名称 形成微图案的光照方法和装置

[57]摘要

本发明提供一种形成微图案的光照方法装置，它能在减少反差间隙的同时，使反差获得改善，从而实现半导体器件的高集成度。其中采用线偏振光作为光源，线偏振光具有椭圆率和偏振角，从而获得工艺余量所允许的反差间隙。另外，光照装置包含从光源发射的光偏振用的偏振片，从而能使光具有所需的椭圆率和所需的偏振角。本发明还可增加工艺余量，从而改进产量和可靠性。



1.一种通过光源成像于晶圆片上形成图案的光照方法，其特征在于采用线偏振光作为光源，而线偏振光具有椭圆率和偏振角，从而获得工艺余量所允许的
5 差间隙。

2.如权利要求 1 所述的光照方法，其特征在于偏振度由下列方程计算：

$$\begin{aligned} \Psi_x(f, g) &= [-gS_{com} + fP_{com}\{1-\lambda^2(f^2+g^2)\}^{1/2}] / [f^2+g^2]^{1/2} \\ \Psi_y(f, g) &= [fS_{com} + gP_{com}\{1-\lambda^2(f^2+g^2)\}^{1/2}] / [f^2+g^2]^{1/2} \\ 10 \quad \Psi_z(f, g) &= -\lambda P_{com}[f^2+g^2]^{1/2} \end{aligned}$$

这里 $\Psi_x(f, g)$ 、 $\Psi_y(f, g)$ 、 $\Psi_z(f, g)$ 分别为到掩模上入射光偏振分布函数 $\Psi(f, g)$ 的 x、y、z 方向分量，f、g 则为空间频率分量；以及

$$\begin{aligned} S_{com} &= \{fE_{oy}e^{i\delta} - gE_{ox}\} / \{f^2+g^2\}^{1/2} \\ P_{com} &= \{fE_{ox} + gE_{oy}e^{i\delta}\} / \{f^2+g^2\}^{1/2} \end{aligned}$$

15 这里 S_{com} 和 P_{com} 分别为垂直和平行于子午面的 S 和 P 偏振分量， E_{ox} 和 E_{oy} 分别表示 x 和 y 方向上的振幅，而 δ_x 和 δ_y 分别表示 x 和 y 方向上的相位。

3.如权利要求 1 所述的光照方法，其特征在于用椭圆偏振光作为偏振光。

20 4.如权利要求 1 所述的光照方法，其特征在于用圆偏振光作为偏振光。

5.一种通过光源成像于晶圆片上形成图案的光照装置，其特征在于包含：

从光源发射的光发生偏振用的偏振片，以便使光能具有所需的椭圆形率状和所需的偏振角。

25

6.如权利要求 5 所述的光照装置，其特征在于由偏振片偏振的光为椭圆偏振光。

7.如权利要求 5 所述的光照装置，其特征在于由偏振片偏振的光为圆偏振光。

30

8.如权利要求 5 所述的光照装置，其特征在于采用以下的偏振分布函数和分别垂直和平行于子午面的 S 和 P 偏振分量导出由椭圆率和偏振角所确定的偏振度，从而使光可按导出的椭圆度 λ 率和偏振角发生偏振，

$$\begin{aligned} \Psi_x(f, g) &= [-gS_{com} + fP_{com}\{1-\lambda^2(f^2+g^2)\}^{1/2}] / [f^2+g^2]^{1/2} \\ \Psi_y(f, g) &= [fS_{com} + gP_{com}\{1-\lambda^2(f^2+g^2)\}^{1/2}] / [f^2+g^2]^{1/2} \\ 35 \quad \Psi_z(f, g) &= -\lambda P_{com}[f^2+g^2]^{1/2} \end{aligned}$$

这里 $\Psi_x(f,g)$ 、 $\Psi_y(f,g)$ 、 $\Psi_z(f,g)$ 分别为掩模上入射光偏振分布函数 $\Psi(f,g)$ 的 x 、 y 、 z 方向分量， f 、 g 为空间频率分量；以及

$$\begin{aligned} S_{com} &= \{fE_{oy}e^{i\delta} - gE_{ox}\} / \{f^2 + g^2\}^{1/2} \\ P_{com} &= \{fE_{ox} + gE_{oy}e^{i\delta}\} / \{f^2 + g^2\}^{1/2} \end{aligned}$$

5

这里 S_{com} 和 P_{com} 分别为垂直和平行于子午面的 S 和 P 偏振分量， E_{ox} 和 E_{oy} 分别表示 x 和 y 方向上的振幅，而 δ_x 和 δ_y 则分别表示 x 和 y 方向上的相位。

9. 如权利要求 5 所述的光照装置，其特征在于从光源发射的光经孔径、聚焦
10 透镜系统、光照掩模和投射透镜系统照射到晶圆片上。

10. 如权利要求 9 所述的光照装置，其特征在于偏振片位于光源与孔径之间。

形成微图案的光照方法和装置

5 本发明涉及形成半导体器件微图案的方法，特别是涉及用于形成这样一种微图案的光照方法和装置。

形成具有微对图案技术的发展对制造高集成度半导体器件的新近趋向产生了巨大的影响。在半导体器件制造中，利用光刻工艺形成的光刻胶薄膜图案被广泛用作进行蚀刻，或离子注入工艺的掩模。

10 众所周知，采用缩短光源发射的波长来改善步进光刻机的分辨率。

例如，采用波长为 365nm 的 i 线激光作光源时的步进光刻机具有可以形成线/间距约为 0.5 微米图案的分辨率。采用波长为 248nm 的 KrF 激光或者波长为 193nm 的 ArF 激光作光源时的步进光刻机具有可以形成线/间距约为 0.25 微米图案分辨率。

15 为了形成微图案，已经提出一种利用相邻图案间光学干涉的相移掩模方法。还有一种偏振光照射方法，它利用来自步进光刻机光源的偏振光。

当利用光刻工艺在晶圆片上形成具有所需结构的光刻胶薄膜图案时，采用对具有所需光掩蔽图案(例如掩模原图)的掩模进行光照。

对此现将借助图 1 描述用于形成微图案的常规光照方法。

20 图 1 为表示采用普通光照方法的步进光刻机结构的示意图。光照方法为 Kohler 光照方法。

如图 1 所示，步进光刻机包括光源 1。光源 1 发射的光束 2 穿过孔径 3 和会聚透镜系统 4。从会聚透镜系统 4 出来的光束 2 随后穿过提供有光掩蔽图案 5a 的光照掩模 5，从而形成图像。光束 2 接着穿过投射透镜系统 6 并到达晶圆基片 7。

25 根据这种具有上述光路的光照方法，光照所需时间是短暂的。但问题在于，由于焦深短，而使产量降低。

为了解决这个问题，也已提出一种改进的照明方法，它采用具有这样一种改进形状的孔径，俾使光掩蔽部分出现在孔径的中央部分，从而允许光倾斜地入射到照明掩模上。根据这种方法，光照掩模衍射的两条光束，即第 0 条衍射光束和 30 第+1 或第-1 条衍射光束聚焦在位于光照掩模下方的投射透镜上。当第 0 条和第 ± 1 衍射光束具有相同的入射角时，可以增加焦深。

根据该方法，孔径的光掩蔽部分起着遮挡入射到孔径中央部分上光束的作用。因此，到达光照掩模和晶圆片的光与上述普通光照方法的相比，其强度较低。 35 基于此理由，与普通的光照方法相比，在改进的光照方法中，需要延长光照时间。

这导致产量降低。

为了解决该问题，已提出各种方法。例如，有一种线偏振光照射方法，其中光源发射的光在需要的方向上进行偏振。根据该方法，即使使用 i 线光源步进光刻机，也可以利用平行于偏振方向的光掩蔽薄膜图案的光照掩模来形成线/间距宽度低至 0.175 微米的图像。但如采用具有垂直于偏振方向的光掩蔽薄膜图案的光照掩模，则发生像的反差降低。换言之，即存在一种反差间隙。

如果采用常规的借助线偏振光束的光照、离轴光照或者相移掩模，则当线偏振光束的主轴与光照掩模的光掩蔽薄膜图案平行时(入射光的 S_{com} 分量在偏振角 \times 相应为 90 度)，与线偏振光束主轴平行于光照掩模的光掩蔽薄膜图案的情形(入射光的 P_{com} 分量在偏振角 \times 相应为 0 度)相比，显示出高的反差。因此在上述两种入射光的分量之间存在一反差间隙。这样，在所有采用常规光照、离轴光照和相移掩模的情形下都存在反差间隙。

反差间隙随局部干涉度 σ ，即孔径透射区域对孔径整个区域之比和特征尺寸的减小，而增大。反差间隙也随数值孔径的增大而增大。当采用离轴光照或相移掩模时，这种反差间隙也会增大。

由于当采用常规光照方法形成微图案时存在大的反差间隙，所以利用线偏振光束照射方法难于形成定位于各个方向上光照掩模的微图案。因此，很难制造出高集成度的半导体器件。

基于此原因，形成微图案用常规的光照方法包含着降低工艺余量，从而降低工艺产量和可靠性。

因此，本发明的一个目标是解决已有技术中的上述问题并提供用于形成微图案的光照方法和装置，它们能够在获得较高反差的同时减少反差间隙，从而实现半导体器件的高集成度。

本发明的另一个目标是提供一种能够增加工艺余量的光照方法和装置，从而改进产量和可靠性。

本发明的另一个目标是提供一种能在制造半导体器件时易于形成微图案的光照方法装置。

根据本发明的一个方面，提供一种通过光源照射图案于晶圆片上形成图案于晶圆片的光照方法，其中用线偏振光作为光源，线偏振光具有椭圆率和偏振角，提供为工艺余量所容许的反差间隙。

根据本发明的另一个方面，提供一种通过光源照射图案于晶圆片上形成图案于晶圆片的光照装置，它包含：使从光源发射的光发生偏振用的偏振片，以便光能具有所需的椭圆率和所需的偏振角。

通过以下借助附图对本发明实施例的描述，本发明的其他目标和方面将变得明朗起来。

图 1 表示为进行常规光照方法所使用步进光刻机结构的示意图；

图 2A-2C 分别表示为按照本发明行进光线的各种偏振分布类型;

图 3 为表示当分别采用普通光照方法、离轴光照和圆偏振方法形成线/间距图案时反差随特征尺寸变化的曲线图;

图 4 为表示当采用按照本发明实施例在各种不同椭圆率下的光照方法时反差随特征尺寸变化的曲线图;

图 5 为表示当采用按照本发明另一个实施例在各种不同椭圆率下的光照方法时反差随特征尺寸变化的曲线图; 以及

图 6 为表示当采用按照本发明另一个实施例在各种不同椭圆度下的光照方法时反差随特征尺寸变化的曲线图。

10 根据本发明, 在形成微图案的过程中采用具有包括圆形图案在内的椭圆形偏振光。为了说明采用这样一种偏振光的理论根据, 以下将简要描述偏振分布函数以及基于偏振分布函数的偏振光束分量。

沿相应于方向单位矢量 t_x 和 t_y 方向 (t_x, t_y) 上入射到目标平面的光穿过掩模。入射光在穿过掩模时沿 (r_x, r_y) 方向衍射。

15 衍射光随后穿过投射透镜系统, 从投射透镜系统的出光孔射出的光进入 (S_x, S_y) 方向上的高斯成像点, 并在 $x-y$ 坐标系定义的成像平面上产生电场。

电场可以用下式(1)表示:

$$\begin{aligned} E(x, y, t_x, t_y) = & 1/(i\lambda) \iint_A F(r_x - t_x, r_y - t_y) \\ & \times K(S_x, S_y; t_x, t_y) \exp\{i2\pi(s_x x + s_y y)/\lambda\} ds_x ds_y \\ & \dots (1) \end{aligned}$$

20

在上述方程中, $A = (S_x^2 + S_y^2)^{1/2} \leq NA$ 。同样 $F(r_x - t_x, r_y - t_y)$ 为掩模透射函数的傅里叶变换, $K(S_x, S_y; t_x, t_y)$ 为矢量变换函数, $K(S_x, S_y; t_x, t_y)$ 连同 $F(r_x - t_x, r_y - t_y)$ 一起决定在入射到 (t_x, t_y) 方向上的目标平面并穿过投射透镜系统之后沿 (S_x, S_y) 方向行进的光的振幅。

25 换言之, 成像平面上电场具有相应于 $K(S_x, S_y; t_x, t_y) \times F(r_x - t_x, r_y - t_y)$ 的振幅。电场是沿 (S_x, S_y) 方向行进的平面波的叠加。

但是, 矢量变换函数 $K(S_x, S_y; t_x, t_y)$ 具有只受到入口方向分量 t_x 和 t_y 影响的数值。该矢量变换函数具有由下列表达式(2)表示的近似值:

$$K(S_x, S_y; t_x, t_y) \approx K(S_x, S_y; 0, 0) \approx K(S_x, S_y) \dots (2)$$

30 将掩模空间频率变换至成像平面的近似矢量变换函数由以下方程 (3) :

$$\begin{aligned} K(S_x, S_y) = & (1/\cos\alpha \cos\beta)^{1/2} \Psi(s_x, s_y) \exp\{i2\pi \phi(s_x + s_y)/\lambda\} \\ & (\text{when } s_x^2 + s_y^2 \leq NA^2) \\ = & 0 \text{ (otherwise)} \dots (3) \end{aligned}$$

35 这里 $\cos\alpha$ 为穿过相对光轴的掩模衍射光的方向分量, 而 $\cos\beta$ 为穿过相对于光轴的投射透镜系统光的方向分量。

这些方向分量可以用下列方程(4A)和(4B)表示:

$$\cos \alpha = r_z = (1 - r_x^2 - r_y^2)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (4A)$$

$$\cos \beta = s_z = (1 - s_x^2 - s_y^2)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (4B)$$

在方程式(3)中, $\phi(S_x, S_y)$ 为光穿过投射透镜系统时建立的波前象差函数, 而 $\Psi(S_x, S_y)$ 则为偏振分布函数, 它具有平行于光轴来到穿过出光孔的衍射光那一部分光所贡献的指示值。

与此同时, 在局部干涉度 σ 与局部干涉光照明相关处, 指示为掩模上入射光方向的 (t_x, t_y) 区域是在入光孔上形成的有效区域。

因此, 利用以下对方向 (t_x, t_y) 上有效区域的积分可以导出成像平面上的照度:

$$I(x, y) = \iint_B \Gamma(t_x, t_y) |E(x, y; t_x, t_y)|^2 dt_x dt_y \\ = \sum_{k=x, y, z} \iint_B (t_x, t_y) E_k^2(x, y; t_x, t_y) dt_x dt_y \quad \dots (5)$$

这里, $B = (t_x^2 + t_y^2)^{1/2} \leq \sigma \text{ NA}$, 而积分区域表示 Kohler 光照系统在入光孔处形成有效光源和大小。

在上述方程中, $\Gamma(t_x, t_y)$ 乃为表示入射光分布的权重函数的值。在 Kohler 光照系统的情况下, $\Gamma(t_x, t_y)$ 表示掩模平面上所形成光源的大小。

成像平面上的光分布可如下利用上述方程(1)-(5)加以计算:

$$I(x, y) = \sum_{k=x, y, z} (-1/\lambda^2) \int \int \int ds_x ds_y ds'_x ds'_y \\ \times \int \int \Gamma(t_x, t_y) K_k(S_x, S_y) K_k^*(S'_x, S'_y) \\ \times \exp\{i(2\pi/\lambda) \{ (s_x - s'_x) x + (s_y - s'_y) y \} \} \\ F(z_x - t_x, z_y - t_y) x F^*(z_x - t_x, z_y - t_y) dt_x dt_y \quad \dots\dots (6)$$

这里 “*” 代表复数共轭。

为了计算上述方程, 成像平面上的方向分量按如下被减去目标平面上的方向分量:

$$(t_x, t_y) = (-Mu_x - Mu_y), \quad (r_x, r_y) = (-Ms_x - Ms_y)$$

这里, “M” 代表投射透镜系统的放大倍数, 而 (u_x, u_y) 和 (s_x, s_y) 代表当 (t_x, t_y) 和 (r_x, r_y) 方向分量穿过投射透镜系统时方向分量的变化。

因此, 建立了以下方程:

$$I(x, y) = \sum_{k=x, y, z} \int \int \int ds_x ds_y ds'_x ds'_y \\ \times \int \int \Gamma(-Mu_x - Mu_y) K_k(S_x, S_y) K_k^*(S'_x, S'_y) \\ \times \exp\{i(2\pi/\lambda) \{ (s_x - s'_x) x + (s_y - s'_y) y \} \} \\ F(-Ms_x + Mu_x, -Ms_y + Mu_y) \\ \times F^*(-Ms'_x + Mu_x, -Ms'_y + Mu_y) du_x du_y \quad \dots\dots (7)$$

当光线穿过投射透镜系统时, 方程(7)以相对于从掩模衍射的光所产生的空间

频率的积分方程形式表示如下:

$$\begin{aligned}(\underline{f}, \underline{g}) &= (-u_x/\lambda, -u_y/\lambda) \\(\underline{f}', \underline{g}') &= \{(-s_x+u_x)/\lambda, (-s_y+u_y)/\lambda\} \\(\underline{f}, \underline{g}) &= \{(-s_x+u_x)/\lambda, (-s_y+u_y)/\lambda\} \dots\dots\dots (8)\end{aligned}$$

因此, 与方程(7)光分布中方向分量有关的积分方程可以改变为如下与空间频率有关的积分表达式:

$$\begin{aligned}I(x, y) &= \sum_{k=x, y, z} \int \int \int TCC_k(\underline{f}', \underline{g}'; \underline{f}'', \underline{g}'') \times F(M\underline{f}', M\underline{g}') \\&\quad F^*(M\underline{f}'', M\underline{g}'') \times \exp[i(2\pi/\lambda) \\&\quad \{(\underline{f}' - \underline{f}'')x + (\underline{g}' - \underline{g}'')y\}] d\underline{f}' d\underline{g}' d\underline{f}'' d\underline{g}'' \dots\dots (9)\end{aligned}$$

这里 $TCC_k(\underline{f}', \underline{g}'; \underline{f}'', \underline{g}'')$ 代表矢量透射相交系数(TCC)的 k 方向分量。
 $TCC_k(\underline{f}', \underline{g}'; \underline{f}'', \underline{g}'')$ 可以计算如下:

$$\begin{aligned}TCC_k(\underline{f}', \underline{g}', \underline{f}'', \underline{g}'') &= \int \int \Gamma(M\underline{f}, M\underline{g}) \\&\quad \times K_k(\underline{f} + \underline{f}', \underline{g} + \underline{g}') K_k^*(\underline{f}' + \underline{f}'', \underline{g}' + \underline{g}'') d\underline{f} d\underline{g}\end{aligned}$$

方程(9)中的 $F(M\underline{f}', M\underline{g}')$ 通过将掩模自身坐标从 (x, y) 变换为 $(x/M, y/M)$ 以完成傅利叶计算, 可以用 $F(\underline{f}', \underline{g}')$ 的形式表示。

由于 $\Gamma(M\underline{f}, M\underline{g})$ 的积分区域是在成像空间内相应于半径为 $\sigma NA_{im} = \sigma MNA_{ab}$ 的圆, 所以上述结果可以通过将 $\Gamma(M\underline{f}, M\underline{g})$ 用 $\Gamma(\underline{f}, \underline{g})$ 表示并将积分区域改变为目标空间内半径为 σNA_{ab} 的区域来获得。

所以成像平面上架空成像的光照强度可以如下借助标准化空间频率的积分计算得到:

$$\begin{aligned}I(x, y) &= \sum_{k=x, y, z} \int \int \int TCC_k(\underline{f}', \underline{g}'; \underline{f}'', \underline{g}'') \\&\quad \times F(\underline{f}', \underline{g}') F^*(\underline{f}'', \underline{g}'') \\&\quad \times \exp[i(2\pi/\lambda) \{(\underline{s}_x - \underline{s}_x')x + (\underline{s}_y - \underline{s}_y')y\}] d\underline{f}' d\underline{g}' d\underline{f}'' d\underline{g}'' \dots\dots (10)\end{aligned}$$

这里 $(\underline{f}', \underline{g}')$ 和 $(\underline{f}'', \underline{g}'')$ 是由 NA/λ 标准化的空间频率, $F(\underline{f}', \underline{g}')$ 表示掩模透射函数的傅利叶变换, 而 F^* 表示 F 的复数共轭。

在上述方程中, $TCC_k(\underline{f}', \underline{g}'; \underline{f}'', \underline{g}'')$ 表示矢量 TCC_k 的方向分量。即即, 不管光照掩模的光掩蔽薄膜图案的形状如何, $TCC_k(\underline{f}', \underline{g}'; \underline{f}'', \underline{g}'')$ 都是光学系统的特征值。该值可以计算如下:

$$\begin{aligned}TCC_k(\underline{f}', \underline{g}', \underline{f}'', \underline{g}'') &= \int \int (\underline{f}, \underline{g}) \times K_k(\underline{f} + \underline{f}', \underline{g} + \underline{g}') \\&\quad \times K_k^*(\underline{f}' + \underline{f}'', \underline{g}' + \underline{g}'') d\underline{f} d\underline{g} \dots\dots\dots (11)\end{aligned}$$

在方程(11)中, $\Gamma(\underline{f}, \underline{g})$ 的数值表示在入光孔处形成的光照系统的有效光源。对于圆形光照, $\Gamma(\underline{f}, \underline{g})$ 具有以下数值:

$$\begin{aligned}\Gamma(\underline{f}, \underline{g}) &= 1/\pi \sigma^2 \text{ (when } \underline{f}^2 + \underline{g}^2 \leq \sigma^2) \\&= 0 \text{ (otherwise)} \dots\dots\dots (12)\end{aligned}$$

另一方面, $K(f,g)$ 是由矢量衍射理论新定义的矢量变换函数。该矢量变换函数定义如下:

$$K_k(f,g) = C \Psi_k(f,g) \exp\{i(2\pi/\lambda)\phi(f,g)\} \quad (\text{when } f^2+g^2 \leq 1) \\ = 0 \quad (\text{otherwise}) \\ \dots\dots\dots (13)$$

在方程(13)中, C 表示在目标平面与成像平面之间可以保留的光能数值。该 C 可以用下式计算:

$$C = \{1 - \lambda^2(1+M^2)(f^2+g^2) + \lambda^4(f^2+g^2)^2\}^{-1/2}$$

与此同时, $\phi(x,y)$ 是包括投射透镜系统失焦在内的波前象差函数。

偏振分布函数 $\Psi_k(f,g)$ 的数值表示入射光的偏振分量对沿 (λ_f, λ_g) 方向从出光孔出射和从光学系统出射的衍射光线 k 方向分量所作的贡献。

采用上述方程(1)-(13), 可以导出如图 2A-2C 所示任一类型的偏振(包括线、圆和椭圆偏振)的偏振分布函数。

图 2A-2C 分别表示为行进光的各种偏振分布类型的示意图。

正如图 2A-2C 所示, 偏振类型由入光孔的入射偏振光的 x 和 y 方向分量加以确定。换言之, 所有的偏振类型都可以 x 与 y 方向分量之间的振幅比和相位差加以表示。

在用 x 和 y 方向分量对入射光的偏振类型加以因子化后, 便得如下方程:

$$E_x(z,t) = E_{ox} \exp\{i(\tau + \delta_x)\} \\ E_y(z,t) = E_{oy} \exp\{i(\tau + \delta_y)\}$$

这里, τ 相当 $\omega t - kz$ ($T = \omega t - kz$), E_{ox} 和 E_{oy} 表示振幅, 而 δ_x 和 δ_y 则分别表示 x 和 y 方向的相位。

图 2A-2C 所示的三种偏振类型根据空间内 x 和 y 方向分量 $E_x(z,t)$ 和 $E_y(z,t)$ 的轨迹图形成。

当用上述方程表示的 x 和 y 方向分量 $E_x(z,t)$ 和 $E_y(z,t)$ 具有相同的振幅与相位时得线偏振。当 x 和 y 方向分量 $E_x(z,t)$ 和 $E_y(z,t)$ 的振幅相同而相位相差 90° 度得圆偏振。另一方面, 当 x 和 y 方向分量 $E_x(z,t)$ 和 $E_y(z,t)$ 的振幅与相位两者都不相同时, 则得椭圆偏振。

对于椭圆偏振, 光学系统的坐标系和光路加以定义为图 2C。

按照采用椭圆偏振光照方法的椭圆倾角由偏振角 Ψ 加以定义。在这种情况下, 定义椭圆的主轴与副轴之比由椭圆率 \times ($\tan \times = b/a$)。当 Ψ 和 \times 都确定时, 就可计算所有偏振类型的偏振分布函数 S 。

偏振分布函数的 x 、 y 和 z 方向分量可如下从上述表示入射到掩模上之后偏振光的 x 和 y 方向分量的方程加以导出:

$$\begin{aligned}\Psi_x(f, g) &= [-gS_{com} + fP_{com}\{1-\lambda^2(f^2+g^2)\}^{1/2}] / [f^2+g^2]^{1/2} \\ \Psi_y(f, g) &= [fS_{com} + gP_{com}\{1-\lambda^2(f^2+g^2)\}^{1/2}] / [f^2+g^2]^{1/2} \\ \Psi_z(f, g) &= -\lambda P_{com}[f^2+g^2]^{1/2} \dots\dots\dots (14)\end{aligned}$$

这里，f 和 g 表示空间频率分量并限定为了由光轴和行进到焦点的光束所建立的子午面。

- 5 垂直于子午面的分量由 S 偏振分量 S_{com} 加以定义，而平行于子午面的分量则由 P 偏振分量 P_{com} 加以定义。

进入光照掩模的具有 x 和 y 方向分量的偏振光被如下分割成 S 和 P 偏振分量 S_{com} 和 P_{com} ，

$$S_{com} = \{fE_{oy}e^{i\phi} - gE_{ox}\} / [f^2+g^2]^{1/2} \dots\dots\dots (15)$$

$$10 \quad P_{com} = \{fE_{ox} + gE_{oy}e^{i\phi}\} / [f^2+g^2]^{1/2} \dots\dots\dots (16)$$

以下将结合图 3 描述当上述计算方程应用于实际光照过程时所获得的结果。

- 15 图 3 表示为按本发明的，当分别采用普通光照方法、离轴光照和圆偏振方法形成线/间距图案时反差随特征尺寸变化的曲线图。在这种情况下，对于每种线/间距图案采用的条件是 i 线，NA=0.5 和 $\sigma=0.5$ 。对于采用由方程(14)-(16)从圆偏振获得的数值，其结果用实线表示。对于采用线偏振的情况，其结果用虚线表示。

由图 3 可见，对于分别在相移掩模、离轴光照和普通光照中当采用圆偏振光照时，并不存在反差间隙，虽然和偏振角 ψ 为 90 度时的线偏振相比，显示出在反差上有所退化。

- 20 图 4 表示为当以不同椭圆率 ($\times=100\%, 75\%, 50\%, 25\%$ 和 0%) 而偏振角固定为 90 度(即椭圆偏振的主轴垂直于掩模图案)情况下采用椭圆偏振光照束形成线/角间距图案时反差和反差间隙的特征显示曲线。在这种情况下，对于每种线/间距图案采用的条件是 i 线，NA=0.5 和 $\sigma=0.5$ 。

由图 4 可见， \times 越大，即椭圆越接近于圆，反差间隙就越小。

- 25 图 5 表示为当将椭圆偏振光照与相移掩模一起使用时的特征显示曲线图。

由图 5 可见，与图 4 所示采用普通光照掩模的情况相比，特征尺寸有所减小。

另一方面，图 6 表示为当将椭圆偏振光照与离轴光照方法($x_{out}=0.5, x_{in}=0.3$)一起使用时的特征显示曲线图。

由图 6 可见，与图 4 相比特征尺寸有所减小，而与图 5 相比则有所增加。

- 30 由上面的描述可见，通过调节椭圆偏振光的偏振角可以确定反差，而通过调节椭圆率别可以确定反差间隙。

因此，当确定了工艺允许的反差间隙后，就可通过采用上述方程选取最佳的偏振角和椭圆率，使反并间隙为最小的同时保持高的反差。

- 35 这样，就可在不改动任何结构的情况下采用常规 i 线偏振光照步进光刻机在晶圆片上形成 0.18 微米级别的微图案，后者大致为了制造诸如 1GM 级别 DRAM 之类高集成度半导体器件所需。

对于掩模图案由大部分面向一个方向而小部分面向各种方向的情况，可以容易地通过使偏振角与主要图案方向一致而同时调节椭圆率至差间隙的最大允许值来形成微图案。

- 5 由于当采用根据需要制造的偏振片时就获得在椭圆偏振率中任选的偏振角和椭圆率，所以本发明仅通过在常规步进光刻机中将偏振片安放在光源与孔隙之间即可达到效果。

- 10 由上面的描述可见，本发明提供用于形成微图案的光照方法和装置，它可通过根据矢量成像理论导出方程所用的偏振分布函数，导出进入光照掩模、具有 x 和 y 方向分量的偏振光的 S 和 P 偏振分量 S_{somt} 和 P_{com} (这些分量分别平行和垂直于子午面)，从而避免了在常规线偏振方法中因反差间隙所引起反差，也即在图案的纵向和偏振方向之间的不一致。

因此，本发明的光照方法和装置可以很容易地采用合适的椭圆偏振光，从而可以在减少反差间隙的同时获得反差的改善。

- 15 本发明的光照方法和装置可容易地在半导体器件制造中形成微图案，从而实现高集成度的半导体器件。

本发明的光照方法和装置可以增加工艺余量，从而改进产量和可靠性。

显然，在上述描述的基础上，可以对本发明提出众多的修改和变化，因此本发明由后面所附权利要求的范围限定而不受上述具体描述的约束。

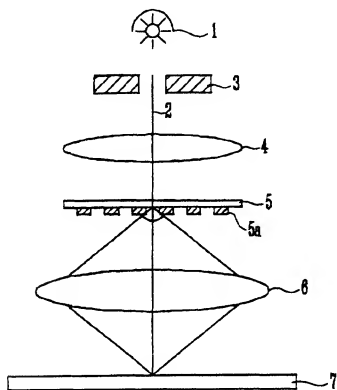


图 1

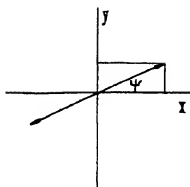


图 2A

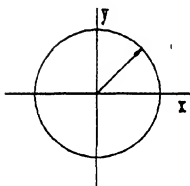


图 2B

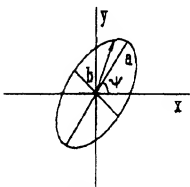


图 2C

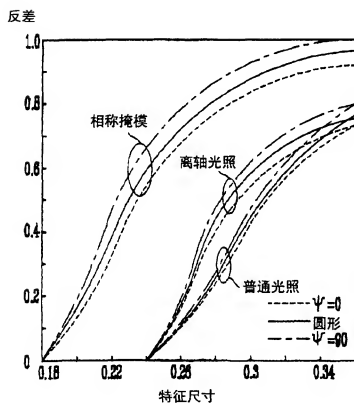


图 3

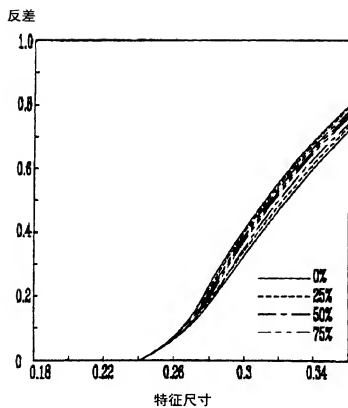


图 4

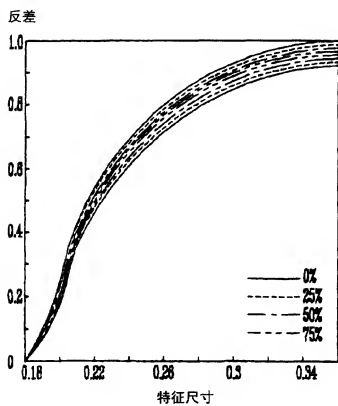


图 5

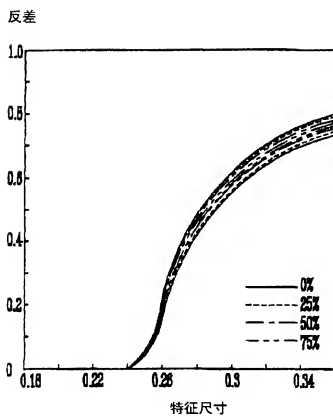


图 6